



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 39 23 237.9
22 Anmeldetag: 14. 7. 89
43 Offenlegungstag: 15. 2. 90

DE 3923237 A1

30 Innere Priorität: 32 33 31
03.08.88 DE 38 26 296.7

71 Anmelder:
Fa. Andreas Stihl, 7050 Waiblingen, DE

74 Vertreter:
Jackisch, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anw.; Kerkhof, M.,
Rechtsanw.; Wasmuth, R., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 7000
Stuttgart

72 Erfinder:
Nickel, Hans, Dipl.-Ing. (FH), 7153 Cottenweiler, DE;
Wissmann, Michael, Dipl.-Ing., 7060 Schorndorf, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Zündschaltung für einen Zweitaktmotor in einer Motorkettensäge

Bekannte Zündschaltungen regeln die Drehzahl durch Verschieben des Zündzeitpunkts nach früh oder spät. Diese Regelung des Zündzeitpunkts, vorteilhaft durch einen Mikroprozessor ausgeführt, hat aber nur eine relativ langsame Drehzahländerung zur Folge, wodurch eine hochgenaue Drehzahlstabilität nur unzureichend erzielt wird.

Die Zündschaltung wird derart ausgebildet, daß in Abhängigkeit erfaßter Motorbetriebsparameter wiederholt über mindestens eine Kurbelwellendrehung eine Zündung unterdrückt werden kann, wobei das Verhältnis der Austastrate τ zwischen Kurbelwellenumdrehungen mit Zündung und Anzahl der Kurbelwellenumdrehungen zwischen $\tau = 0$ (keine Zündung) und $\tau = 1$ (Zündung bei jeder Kurbelwellenumdrehung) einstellbar ist. Soll ein rascher Drehzahlabfall erzielt werden, wird die Austastrate gegen »0« geführt; zur Erzielung eines raschen Drehzahlanstiegs wird die Austastrate gegen »1« oder gleich »1« eingestellt.

Verbrennungsmotoren in handgeführten Arbeitsgeräten, insbesondere bei Zweitaktmotoren in Motorkettensägen.

DE 3923237 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Zündschaltung für einen Verbrennungsmotor, insbesondere Zweitaktmotor eines handgeführten Arbeitsgerätes wie Motorkettensäge oder dergleichen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Eine derartige Zündschaltung mit einem Mikroprozessor als Steuerschaltung ist mit der Motorsäge Jonsered 2051 in Schweden bekannt geworden. Der Mikroprozessor stellt die Zündung für jeden Drehzahlbereich ein, um eine optimale Zündung zu gewährleisten. Wird jedoch aus einer Drehzahl beschleunigt oder verlangsamt, so verschiebt sich der Zündzeitpunkt erst mit steigender oder fallender Drehzahl. Hieraus ergibt sich eine schleppende Drehzahlveränderung. Daher ist der Zündzeitpunkt auch nicht immer dem angesaugten oder abgemagerten Gemisch angepaßt, woraus sich ein ungünstiges Abgasverhalten ergibt.

Insbesondere bei Zweitaktmotoren ist gerade die Drehzahlstabilität im Leerlauf problematisch, aber auch in hohen und höchsten Drehzahlen nicht leicht einzustellen. Mit der bekannten Regelung des Zündzeitpunktes läßt sich zwar eine Verbesserung erzielen, die angestrebte Stabilität ist jedoch nicht immer in vollem Umfang zu erreichen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Zündschaltung mit elektrischer Steuerschaltung derart weiterzubilden, daß auf einen Reglereingriff möglichst rasch eine Regelantwort erfolgt, um in jedem Drehzahlbereich eine hohe Drehzahlstabilität zu erzielen.

Diese Aufgabe wird nach den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Die erfindungsgemäße Steuerschaltung besteht aus einer Leerlaufregelschaltung und einer Hochdrehzahlregelschaltung, die abwechselnd in Abhängigkeit des Last- oder Leerlaufalles betrieben sind. Im Leerlauf wird der Zündzeitpunkt nach der Gleichung

$$Z_{zp2} = A + k_1 \Delta n_1 + k_2 \int \Delta n_1 dt$$

bestimmt, wobei die festgestellte Drehzahlabweichung proportional und integral Einfluß auf das Reglerverhalten hat. Es ist erfindungsgemäß eine Regelschleife mit PI-Regelcharakter geschaffen, durch die eine hohe Leerlaufdrehzahlstabilität zu erreichen ist. Bereits bei einer leichten Drehzahlabweichung fließt nicht nur die Größe des Differenzwertes zwischen Soll- und Ist-Drehzahl bei der Bestimmung des Zündzeitpunktes ein, sondern auch die zeitliche Abweichung und deren Stärke. Der daraus sich ergebende frühzeitige und angepaßte Reglereingriff läßt eine rasche Rückführung auf die gewünschte Leerlaufdrehzahl zu, so daß die hohe Drehzahlstabilität gegeben ist. Gerade bei Motorkettensägen ist bei hoher Drehzahlstabilität des Leerlaufs gewährleistet, daß die die Sägekette antreibende Fliehkraft kupplungssicher auskuppelt und die Sägekette im Leerlauf sicher steht. Die Unfallgefahr mit Motorkettensägen, die eine erfindungsgemäße Zündschaltung aufweisen, wird also bei hoher Drehzahlstabilität im Leerlauf geringer.

In Weiterbildung der Erfindung — oder auch getrennt von dieser — ist vorgesehen, für eine Zeitspanne den Regelzweig der Hochdrehzahlregelschaltung über einen Parallelzweig zu umgehen, so daß die Maschine auf Überdrehzahl hochlaufen kann. Nach Ablauf der Zeitspanne wird der Regelzweig der Hochdrehzahlregelschaltung wieder aktiv. Dies ist insbesondere bei Mo-

torkettensägen von Vorteil, wenn kurzzeitig sehr hohe Drehzahlen, z.B. beim Anschnitt oder bei Stechschnitten erforderlich sind. Motorkettensägen mit herkömmlichen Drehzahlbegrenzungen lassen eine Überdrehzahl nicht zu.

Die Zeitspanne kann fest vorgegeben oder auch variabel sein. In einer bevorzugten Ausführungsform ist im Parallelzweig ein Zähler vorgesehen, der von einem vorgebbaren Zählerstand runterzählt und bei Erreichen eines Zählerstandes kleiner oder gleich Null auf den Regelzweig umschaltet. Die durch das Runterzählen vom vorgebbaren Zählerstand auf "Null" bestimmte Zeitspanne ist dabei unmittelbar abhängig von der aktuellen Überdrehzahl des Motors, da der Parallelzweig mit jeder Kurbelwellendrehung einmal durchlaufen wird.

Von besonderer Bedeutung ist der die Hochdrehzahlregelschaltung umgehende Parallelzweig für eine vorzunehmende Vergasereinstellung. Bei Durchlaufen des Parallelzweiges wird eine anstehende Überdrehzahl in einer Speichervorrichtung abgespeichert. Nach Umschaltung auf den Regelzweig wird in diesem die abgespeicherte Überdrehzahl mit einer vorgegebenen, zulässigen Soll-Höchst-drehzahl verglichen. Liegt die abgespeicherte Überdrehzahl innerhalb eines zulässigen Toleranzbandes von z.B. $\pm 1\%$ um die Soll-Höchst-drehzahl, wird eine optische Anzeige, z.B. eine Leuchtdiode angesteuert. Liegt sie außerhalb des Toleranzbandes, wird die LED nicht angesteuert. Trotz der vorgesehenen Regleranordnung zur Einhaltung einer Drehzahlstabilität ermöglicht die erfindungsgemäße Anzeige die Einstellung des Vergasers des Verbrennungsmotors auf das optimale Gemisch. Dies ist deshalb von Bedeutung, weil ansonsten bei geregelten Zündschaltungen eine aufgrund von einer falschen Vergasereinstellung mögliche Überdrehzahl durch eine vorgesehene Drehzahlbegrenzung nicht zugelassen wird, so daß der Benutzer die falsche Vergasereinstellung anhand der auf die Höchst-drehzahl begrenzten Drehzahl nicht mehr feststellen kann.

In Weiterbildung der Erfindung ist die Steuerschaltung derart ausgebildet, daß sie in Abhängigkeit der erfaßten Betriebsparameter eine oder mehrere Zündungen unterdrücken kann, derart, daß eine Austastrate τ zwischen "Null" (Zündungen ausgeschaltet) und "Eins" (Zündungen bei jeder Kurbelwellenumdrehung) frei einstellbar ist. Die gesteuerte Austastrate ermöglicht einen raschen Wechsel einer Drehzahl zu einer anderen Drehzahl. Ist z.B. die Drehzahl zu hoch, wird die Austastrate gesenkt, wodurch immer mehr Zündungen pro Umdrehungen ausfallen. In Verbindung mit der Verstellung des Zündzeitpunktes fällt die Motordrehzahl sehr rasch.

Muß die Drehzahl wieder erhöht werden, wird neben einer Änderung des Zündzeitpunktes auch die Austastrate wieder erhöht, wodurch wieder mehr Zündungen pro Umdrehungen auftreten; der Motor beschleunigt rasch auf die gewünschte Drehzahl. Er verhält sich dynamisch.

Tritt bei hoher Drehzahl ein Wechsel vom Lastfall auf den Leerlauf auf, so wird sofort auf die Leerlaufregelschaltung umgeschaltet. Diese setzt die Austastrate zunächst zu "Null" (keine Zündung), bis eine vorgebbare maximale Leerlaufdrehzahl unterschritten ist. Hierdurch wird ein rasches Herunterlaufen auf Leerlaufdrehzahl erzielt, was gerade im Hinblick auf sicheres und unfallfreies Arbeiten mit Motorkettensägen große Bedeutung hat.

Um bei Leerlaufdrehzahl ein sicheres Zünden zu ge-

währleisten, ist in Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, durch die Leerlaufregelschaltung eine feste Austra-
 strate aufzuprägen, so daß im Leerlauf ein festes Zünd-
 muster vorgegeben ist. Wird z.B. nur bei jeder zweiten
 Kurbelwellenumdrehung gezündet (Austra- 0,5),
 stellt sich über zwei Kurbelwellenumdrehungen mit ho-
 her Wahrscheinlichkeit ein zündfähiges Gemisch im
 Brennraum ein, so daß bei Auftreten eines Zündfun-
 kens sicher eine Zündung erfolgt. Der Verbrennungsmotor
 läuft im Leerlauf ruhiger; die Leerlaufdrehzahl ist lei-
 cher zu halten.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus
 den weiteren Ansprüchen, der Beschreibung und den
 Zeichnungen, in der ein nachfolgend näher erläutertes
 Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt ist. Es
 zeigen:

Fig. 1 in schematischer Darstellung den Aufbau einer
 erfindungsgemäßen Zündschaltung an einem Zweitakt-
 motor,

Fig. 2 ein Ablaufdiagramm, das bei Leerlaufstellung
 des Gashebels durchlaufen wird,

Fig. 3 ein Ablaufdiagramm, das bei betätigtem Gas-
 hebel bei mittlerer und hoher Drehzahl durchlaufen
 wird.

Die in Fig. 1 schematisch dargestellte Zündschaltung
 ist an einem Zweitaktmotor 1 vorgesehen, der zum Bei-
 spiel in einem handgeführten Arbeitsgerät wie einer
 Motorkettensäge oder dergleichen angeordnet ist. Die
 erfindungsgemäße Zündschaltung ist grundsätzlich
 auch bei anderen luft- oder wassergekühlten Verbren-
 nungsmotoren einsetzbar.

Der luftgekühlte Zylinder 3 hat einen Ansaugstutzen
 5 mit Vergaser und Drosselklappe 4, die über ein Ge-
 stänge 6 von einem Gashebel 9 betätigbar ist, um die
 Motordrehzahl zu verändern. In der gezeigten Leerlauf-
 stellung liegt der Gashebel 9 an einem Anschlag 7 unter
 Wirkung einer Feder 8 an.

Am Gashebel 9 ist ein Stellungssensor 10 angeordnet,
 der die Leerlaufstellung des Gashebels 9 erfaßt und einer
 Steuerschaltung 15 mitteilt.

Ferner läuft mit der Kurbelwelle des Motors 1 ein
 Impulsgeber 11 um, dessen am Außenumfang vorge-
 sehene Marken in einem zugeordneten Sensor 12 Im-
 pulse erzeugen, die als Drehzahlinformationssignal der
 Steuerschaltung 15 zugeführt sind. Die Marken am Im-
 pulsgeber 11 sind derart angeordnet, daß zumindest
 pro Kurbelwellenumdrehung ein der Kurbelwellenstel-
 lung spezifisches Signal im Impulssensor 12 erzeugt
 wird, woraus die Steuerschaltung 15 die aktuelle Stel-
 lung der Kurbelwelle erkennen kann. Vorzugsweise
 sind die Marken über den Umfang des Impulsgeber-
 rad 11 mit unterschiedlichem Abstand angeordnet, so
 daß aus dem Abstand der Impulse des Sensors 12 die
 Winkellage der Kurbelwelle ermittelt werden kann.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel werden zur Be-
 stimmung der Ist-Drehzahl n des Motors lediglich die
 Impulssignale ausgewertet, die über den Kurbelwellen-
 umfang im Bereich von 45° vor dem unteren Totpunkt
 bis zu 45° nach dem unteren Totpunkt vom Sensor 12
 abgegeben werden. Auf diese Weise können die durch
 Verlangsamung bei der Verdichtung und Beschleunigung
 nach der Zündung auftretenden starken Drehzahl-
 schwankungen ausgeblendet werden.

Am — im gezeigten Ausführungsbeispiel luftgekühl-
 ten — Zylinder 3 ist ein Temperatursensor 13 angeord-
 net, der die Isttemperatur des Zylinderkopfes der Steu-
 erschaltung 15 permanent übermittelt.

Die als elektronische Schaltung ausgebildete Steuer-

schaltung ist vorzugsweise ein Mikroprozessor, der die
 Signale der Sensoren 10, 12, 13 verarbeitet und entspre-
 chend einen Schalter 14 steuert, der eine am Zylinder 3
 des Motors 1 angeordnete Zündkerze 2 zur Erzeugung
 eines im Brennraum abgegebenen Zündfun- 5
 kens mit einer Spannungsquelle 16 verbindet.

Der Mikroprozessor arbeitet gemäß den Ablaufdia-
 grammen nach den Fig. 2 und 3. Diese Ablaufdiagram-
 me geben eine der möglichen Ausführungsformen der
 erfindungsgemäßen Zündschaltung unter Benutzung ei-
 nes Mikroprozessors wieder. Diese Ausführungsformen
 sind ebenso als diskrete elektronische Schaltungen auf-
 baubar, deren Bauteile entsprechend dem Ablaufdia-
 gramm arbeiten. Ein Mikroprozessor hat jedoch den
 Vorteil, daß ohne größeren Aufwand auch weitere Da-
 ten verarbeitet oder auch gespeichert werden können.
 So kann der Mikroprozessor die Gesamtbetriebszeit,
 die Betriebszeit bei Überdrehzahlen oder unzulässige
 bzw. kritische Zustände speichern; diese Informationen
 können dann bei einem Service des Motors bzw. des
 Arbeitsgerätes ausgelesen und entsprechend ausgewer-
 tet werden.

Der Mikroprozessor steht mit einem Speicher 17 in
 Verbindung, in dem insbesondere zwei unterschiedliche
 Kurven Zzp 1 und Zzp 3 des Zündzeitpunkts Zzp über
 der Drehzahl n abgespeichert sind. Die Kurve Zzp 1 ist
 nach der Leerlaufdrehzahl bzw. mittleren Motordreh-
 zahl orientiert, während die Kurve Zzp 3 zum Erreichen
 der Höchst- und einer Überdrehzahl festgelegt ist. Fern-
 er sind im Speicher auch Konstanten k_1 bis k_6 sowie A,
 B und C abgelegt, die bei der Berechnung von Zündzeit-
 punkten Zzp 2 und Zzp 4 und anderer Größen wie zum
 Beispiel 15 benötigt werden.

Der der erfindungsgemäßen Zündschaltung zugrun-
 deliegende Kerngedanke liegt darin, den Zündzeitpunkt
 entsprechend vorliegender Betriebsparameter zu än-
 dern; zur Steuerung der Drehzahl n kann in einer Aus-
 gestaltung der Erfindung auch eine Zündung für eine
 oder mehrere Kurbelwellenumdrehungen unterdrückt
 werden. Hierzu wird die Variable r (Austra- 40
 te) eingeführt, die das Verhältnis von Kurbelwellenum-
 drehung(en) mit Zündung zur Gesamtzahl der Kurbel-
 wellenumdrehung(en) angibt. Die Austra- te wird auf eine
 Periode von zum Beispiel 20 Kurbelwellenumdrehun-
 gen normiert; die Periode kann entsprechend den Be-
 triebsbedingungen und Motorparametern frei festge-
 legt werden. Auch kann eine zeitliche Normierung
 zweckmäßig sein.

Die erfindungsgemäße Zündschaltung arbeitet wie
 folgt:

Ausgehend von laufendem Motor 1 wird das Ablaufdia-
 gramm nach Fig. 2 pro Kurbelwellenumdrehung immer
 dann durchlaufen, wenn z.B. der Stellungssensor 10 der
 Steuerschaltung 15 die Leerlaufstellung des Gashebels 9
 meldet. In Leerlaufstellung des Gashebels 9 überprüft
 die Steuerschaltung 15 zunächst (Entscheidungsraute
 20), ob die Ist-Drehzahl n unterhalb oder oberhalb der
 zulässigen maximalen Leerlaufdrehzahl n_5 (etwa
 3300/min) liegt. Ist die Ist-Drehzahl n größer als die
 maximale Drehzahl n_5 , läuft der Motor von einer höhe-
 ren Drehzahl herunter. Um aus einer höheren Drehzahl
 rasch auf Leerlaufdrehzahl zu kommen, wird die Austra-
 strate $r = 0$ (keine Zündung) gesetzt, so daß der Motor
 nach dem Prinzip einer Schubabschaltung betrieben
 wird (Zweig 21 des Ablaufdiagramms). Ein derartiger
 Zweig kann auch zu einer vorteilhaften Drehzahlbe-
 grenzung beim Startvorgang ausgenutzt werden.

Liegt die Drehzahl n unterhalb der maximalen Leer-

laufdrehzahl n_6 , wird als nächstes geprüft, ob die Drehzahl n oberhalb einer minimalen Leerlaufdrehzahl n_1 (etwa 2200/min) liegt. Ist dies der Fall, wird die Austastrate τ auf einen vorgebbaren Wert x zwischen 0 und 1 gesetzt und die Drehzahlabweichung $\Delta n_1 = n_2 - h$ ermittelt, wobei n_2 die Sollleerlaufdrehzahl von etwa 2600/min ist.

Mit der festgestellten Drehzahlabweichung Δn_1 berechnet der Mikroprozessor den Zündzeitpunkt nach der Beziehung:

$$Zzp\ 2 = A + k_1 \Delta n_1 + k_2 \int \Delta n_1 dt$$

wobei A , k_1 und k_2 motor- und reglerspezifische Konstanten sind. Dabei geht nicht nur die Drehzahlabweichung selbst in die Berechnung ein (Proportionalanteil), sondern auch die Zeit der Abweichung von der Drehzahl, d.h., ob die Drehzahlabweichung stark oder schwach steigt oder fällt. Durch diese Berücksichtigung des zeitlichen Verlaufs der Abweichung (Integralanteil) wird ein angepaßter Zündzeitpunkt berechnet und für die nächste Zündung benutzt. Diese PI-Regelung ermöglicht eine hohe Drehzahlstabilität; da sie auftretende Drehzahlabweichungen nicht zu groß werden läßt.

Nach Durchlaufen des Zweiges 22 wird entsprechend den gesetzten Werten von τ und $Zzp\ 2$ die Zündung ausgeführt und bei der nächsten Kurbelwellendrehung erneut die Drehzahlabfrage wie eingangs beschrieben vorgenommen. Liegt die erfaßte Drehzahl noch im Bereich zwischen der maximalen Leerlaufdrehzahl n_6 und einer minimalen Leerlaufdrehzahl n_1 , wird der Zweig 22 erneut durchlaufen, wodurch eine geschlossene Regel Schleife mit PI-Verhalten geschaffen ist.

Durch die Wahl einer Austastrate τ zwischen 0 und 1 im Zweig 22 wird dem Verbrennungsmotor ein Zündmuster aufgeprägt, das unabhängig von anliegenden Betriebsparametern ist. So kann zum Beispiel eine Austastrate von $\tau = 0,5$ vorgesehen sein, das heißt, eine Zündung erfolgt nur bei jeder zweiten Kurbelwellenumdrehung. Dies hat den Vorteil, daß auch unter ungünstigen Bedingungen gerade beim Zweitaktmotor bei der zweiten Kurbelwellenumdrehung mit großer Sicherheit ein zündfähiges Gemisch im Brennraum vorliegt, so daß eine sichere Zündung erfolgt. Der Verbrennungsmotor läuft somit im Leerlauf ruhiger und läßt sich auch besser auf die gewünschte Leerlaufdrehzahl einsteuern. Die Leerlaufdrehzahl bleibt konstant, auch wenn sich die Lufttemperatur ändert oder der Motor heiß oder kalt ist.

Ist jedoch die Drehzahl n kleiner als die minimale Leerlaufdrehzahl n_1 , erfolgt eine Überprüfung, ob die Istdrehzahl n auch unterhalb einer unteren Grenzdrehzahl n_0 (etwa 400/min) ist. Ist dies der Fall, wird der Zweig 25 durchlaufen, die Austastrate τ zu 0 gesetzt und somit der Motor abgestellt. Dieser Zweig 25 ist insbesondere beim Startvorgang des Motors 1 von Bedeutung. Liegt die Startdrehzahl unterhalb der unteren Grenzdrehzahl n_0 , wird der Zweig 25 durchlaufen und somit $\tau = 0$ gesetzt, die Zündung ist also unterdrückt. Erst wenn die Startdrehzahl die untere Grenzdrehzahl n_0 überschreitet, ist eine Zündung mit den im Zweig 24 gesetzten Werten möglich. Bei Überschreiten der Grenzdrehzahl n_{01} erfolgt die weitere Zündung mit den im Zweig 23 gesetzten Werten. Nach Überschreiten der unteren Leerlaufdrehzahl n_1 erfolgt die bereits beschriebene Leerlaufdrehzahlregelung. Auf diese Weise erfolgt ein sicheres Anlaufen des Motors beim Startvorgang.

Liegt die Drehzahl noch oberhalb der unteren Grenzdrehzahl n_0 , wird geprüft, ob die Istdrehzahl n noch oberhalb einer Grenzdrehzahl n_{01} , die etwa 1400/min beträgt. Ist dies der Fall, wird die Austastrate auf 1 gesetzt und der Zündzeitpunkt aus der im Speicher abgelegten Kurve $Zzp\ 1$ entsprechend der Drehzahl n ausgelesen (Zweig 23).

Liegt die aktuelle Drehzahl unterhalb dieser Grenzdrehzahl n_{01} , wird die Austastrate τ auf 1 gesetzt und der Zündzeitpunkt auf den oberen Totpunkt gesetzt (Zweig 24).

In beiden Fällen läuft die Drehzahl wieder hoch, um erneut in den Zweig 22 zu gelangen, bei dessen Durchlaufen die Leerlaufdrehzahl nach einer PI-Reglercharakteristik eingeregelt wird, wodurch die hohe Drehzahlstabilität gegeben ist.

Durch einen weiteren Sensor, der zum Beispiel am Handgriff einer Motorkettensäge angeordnet ist, kann festgestellt werden, ob die Bedienungsperson die Motorkettensäge hält (Arbeitsstellung), sie abgelegt hat oder nur unsachgemäß hält. Läßt die Bedienungsperson den Handgriff los, meldet dies der Sensor und die Steuerschaltung 15 läuft ohne weitere Abfrage sofort den Zweig 21 in Fig. 2 an, wodurch die Austastrate $\tau = 0$ gesetzt wird und der Motor zum Stillstand kommt. Die Unfallgefahr mit einer Motorkettensäge ist so deutlich gesenkt. Ein derartiger Sensor kann zweckmäßig auch als Taster zum Abstellen der Motorkettensäge ausgeführt sein.

Liegt keine Leerlaufstellung des Gashebels 9 an, was vom Stellungssensor 10 der Steuerschaltung 15 mitgeteilt ist, wird das Ablaufdiagramm gemäß Fig. 3 durchlaufen.

Dabei wird zunächst die Temperatur T des Zylinderkopfes abgefragt. Liegt diese Temperatur unterhalb einer ersten Solltemperatur $T_{SOLL\ 1}$ (Zweig 30), wird in einer nachgeschalteten Drehzahlabfrage die Istdrehzahl n mit einer oberen Grenzdrehzahl n_4 (etwa 11 000/min) verglichen. Liegt die Istdrehzahl n unterhalb der Grenzdrehzahl n_4 , wird die Austastrate τ zu 1 gesetzt und der Zündzeitpunkt nach der Kurve $Zzp\ 3$ aus dem Speicher 17 ausgelesen (Zweig 31). Ferner wird bei Durchlaufen des Zweiges 31 ein Zähler 40 auf einen vorgebbaren Zählerstand gesetzt; der gesetzte Zählerstand ist bestimmt nach motorspezifischen Kenndaten.

Liegt die Istdrehzahl n oberhalb der Grenzdrehzahl n_4 , wird der Zweig 32 durchlaufen und der auf dem Zählerstand Z_0 stehende Zähler um eine Einheit auf $Z_0 - 1$ verringert. Ist der Zählerstand größer "NULL", wird der Zweig 32a durchlaufen und die Zündung erfolgt weiterhin mit $\tau = 1$ und einem aus der Kurve $Zzp\ 3$ ausgelesenen Zündzeitpunkt. Die Drehzahl des Motors kann über die zulässige Höchstdrehzahl (Überdrehzahl) ansteigen. Da das Ablaufdiagramm bei jeder Kurbelwellenumdrehung durchlaufen wird, wird — sofern die Istdrehzahl n größer als die Grenzdrehzahl n_4 ist — der Zähler 40 mit jedem Durchlaufen um "1" erniedrigt, bis er auf "0" runtergezählt ist. Bei dem dann folgenden Durchlauf des Zweiges 32 wird — bei Nullstellung des Zählers 40 — der Regelzweig 32b durchlaufen, in dem zunächst die Differenzdrehzahl $\Delta n_2 = \text{Höchst-drehzahl } n_5 \text{ minus Istdrehzahl } n$ berechnet wird. Der Zündzeitpunkt wird dann nach der Formel:

$$Zzp\ 4 = B + k_3 \Delta n_2 + k_4 \int \Delta n_2 dt$$

bestimmt, wobei B , k_3 und k_4 regler- und motorspezifische Konstanten sind. Auch in der Hochdrehzahlregel

ist somit ein Regler mit PI-Regelcharakteristik zur Erzielung einer hohen Drehzahlstabilität vorgesehen.

Die dann noch zu setzende Austastrate τ wird bestimmt nach:

$$\tau_3 = C + k_3 \Delta n_2 + k_6 \int \Delta n_2 dt$$

wobei C , k_3 und k_6 regler- und motorspezifische Konstanten sind.

Mit den so errechneten und gesetzten Werten $Zzp 4$ und τ_5 wird die Drehzahl des Motors auf die zulässige Höchstdrehzahl von zum Beispiel 13 000/min zurückgefahren, wobei hierzu die geschlossene PI-Regelstrecke des Regelzweiges 32b pro Kurbelwellenumdrehung durchlaufen wird. Erst wenn die Ist-drehzahl n wieder unterhalb der Grenzdrehzahl n_4 liegt und die Zylinderkopftemperatur noch nicht größer als $TSOLL_1$ ist, kann wieder der Zweig 31 durchlaufen werden, der den Zähler 40 erneut setzt und somit wieder eine kurzzeitige Drehzahlsteigerung über die Höchstdrehzahl hinaus (Überdrehzahl) möglich macht.

Anhand der im Regelzweig 32b vorgesehenen Abfrage der Höchstdrehzahl (Entscheidungsraute 41) kann auch festgestellt werden, ob der Vergaser des Motors richtig eingestellt ist. Wird der Parallelzweig 32a durchlaufen, wird in jedem Durchlauf die aktuelle Drehzahl n bzw. Überdrehzahl mit einem eingespeicherten Höchstdrehzahlwert n_{max} verglichen (Raute 42). Ist die Drehzahl n größer als die Höchstdrehzahl n_{max} , wird als neuer Wert n_{max} die Drehzahl n im Speicher 43 abgelegt. Ist der Zähler 40 auf Null ($Z = 0$), wird wieder der Regelzweig 32b durchlaufen. Dabei wird zunächst der abgespeicherte Drehzahlwert n_{max} mit einer zulässigen Soll-Höchstdrehzahl $n_{maxSoll}$ verglichen. Liegt der Drehzahlwert innerhalb eines Toleranzbandes von z.B. $\pm 1\%$ um $n_{maxSoll}$, wird die optische Anzeige A, z.B. eine Leuchtdiode, angesteuert. Ist die Abfrage in der Entscheidungsraute 41 negativ, wird die Anzeige A umfahren und nicht angesteuert. Bei aufleuchtender Anzeige hat der Vergaser die richtige Gemischeinstellung, da bei dieser die zulässige Soll-Höchstdrehzahl nicht über- bzw. unterschritten wird.

Hat die Zylinderkopftemperatur T den Wert $TSOLL_1$ überschritten, wird der Zweig 33 der Hochdrehzahlregelschaltung durchfahren, in dem die Isttemperatur T mit einer Höchsttemperatur $TSOLL_2$ verglichen wird. Ist die Zylinderkopftemperatur T größer, wird eine feste Austastrate von zum Beispiel 0,3 gesetzt und der Zündzeitpunkt nach der im Speicher abgelegten Kurve $Zzp 1$ bestimmt (Zweig 34). Aufgrund der festgestellten Über- 50 temperatur wird der Zündzeitpunkt verstellt. Diese Temperaturabfrage gewährleistet, daß bei Kurzzeitbetrieb der leistungsoptimale Zündzeitpunkt möglich ist, ohne daß bei Dauerbetrieb oder schlechten Kühlbedingungen thermische Probleme auftreten.

Liegt die Ist-Zylinderkopftemperatur T unterhalb $TSOLL_2$, erfolgt wieder eine Drehzahlüberprüfung, bei der die Ist-drehzahl n mit der maximalen Drehzahl n_3 (etwa 13 000/min) verglichen wird. Ist die Ist-drehzahl n größer als die maximale Drehzahl n_3 , wird die Austastrate τ auf Null gesetzt, die Zündung also ausgeschaltet (Zweig 35). Liegt die Ist-drehzahl n dagegen noch unterhalb der Drehzahl n_3 , wird die Austastrate zu 1 gesetzt und der Zündzeitpunkt aus der Kurve $Zzp 1$ im Speicher 17 ausgelesen. Der Motor läuft hoch.

Es kann vorteilhaft sein, bei Störungen an der elektrischen Steuerschaltung 15 den Zündzeitpunkt auf den oberen Totpunkt und die Austastrate τ auf 1 festzusetzen.

zen.

Von besonderer Bedeutung ist, daß aufgrund des Leerlaufsenors 10 ein sprunghaftes Verändern der Austastrate τ wie des Zündzeitpunkts Zzp möglich ist. 5 Lläuft der Motor im Leerlauf, zum Beispiel im Zweig 22 der Fig. 2 (Leerlaufregelschaltung), und wird dann Gas gegeben, wird sofort das Ablaufdiagramm nach Fig. 3 durchlaufen (Hochdrehzahlregelschaltung), da aufgrund des Signals des Leerlaufstellungssensors 10 sofort auf dieses Ablaufdiagramm nach Fig. 2 umgeschaltet wird. In diesem wird dann Zweig 30 und 31 durchlaufen, so daß τ auf 1 und der Zündzeitpunkt auf $Zzp 3$ gemäß der abgespeicherten Kurve springt. Es ergibt sich so ein rasches, kraftvolles Hochlaufen des Motors. Entsprechendes gilt beim Zurückführen des Gashebels in die Leerlaufstellung. Aufgrund des Signals des Leerlaufstellungssensors schaltet die Steuerschaltung 15 sofort auf das Ablaufdiagramm nach Fig. 2 um, in dem der Zweig 21 (Schubabschaltung) durchlaufen wird, bis der Leerlaufdrehzahlbereich erreicht ist und zum Beispiel Zweig 22 pro Kurbelwellenumdrehung durchlaufen wird.

Patentansprüche

1. Zündschaltung für einen Verbrennungsmotor, insbesondere Zweitaktmotor eines handgeführten Arbeitsgerätes wie Motorkettensäge oder dergleichen, mit einer Zündkerze (2), die über einen Schalter (14) mit einer Spannungsquelle (16) verbunden ist, und mit einer den Schalter (14) betätigenden elektronischen Steuerschaltung (15), die in Abhängigkeit des Kurbelwellenwinkels und weiterer Betriebsparameter wie der Drehzahl des Motors den Schalter (14) schließt und einen Zündfunken auslöst, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerschaltung (15) eine Leerlaufregelschaltung (Fig. 2) und eine Höchstdrehzahlregelschaltung (Fig. 3) aufweist, und die Leerlaufregelschaltung (Fig. 2) im Regelbereich der Leerlaufdrehzahl den Zündzeitpunkt ($Zzp 2$) nach der Gleichung

$$Zzp 2 = A + k_1 \Delta n_1 + k_2 \int \Delta n_1 dt$$

bestimmt, wobei A , k_1 und k_2 regler- und motorspezifische Konstanten sind und Δn_1 die Drehzahldifferenz zwischen der Soll-Leerlaufdrehzahl (n_2) und der Ist-Drehzahl (n) angibt.

2. Zündschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochdrehzahlregelschaltung (Fig. 3) im Regelbereich der zulässigen Höchstdrehzahl den Zündzeitpunkt ($Zzp 4$) nach der Beziehung

$$Zzp 4 = B + k_3 \Delta n_2 + k_4 \int \Delta n_2 dt$$

bestimmt, wobei B , k_3 und k_4 regler- und motorspezifische Konstanten sind und Δn_2 die Drehzahldifferenz zwischen der Soll-Höchstdrehzahl (n_5) und der Ist-Drehzahl (n) ist.

3. Zündschaltung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Regelzweig (32b) der Hochdrehzahlregelschaltung (Fig. 3) durch einen Parallelzweig (32a) für eine vorgebbare Zeitspanne umgehbar ist.

4. Zündschaltung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Parallelzweig (32a) ein Zähler (40) angeordnet ist, dessen setzbarer Zählerstand mit jeder Kurbelwellendrehung verringert

wird und bei Erreichen des Zählerstandes kleiner oder gleich "Null" auf den Regelzweig (32b) umgeschaltet wird.

5. Zündschaltung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Parallelzweig (32a) in Abhängigkeit eines Betriebsparameters des Verbrennungsmotors, vorzugsweise der Zylinderkopftemperatur, sperrbar ist.

6. Zündschaltung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die bei Durchlaufen des Parallelzweiges (32a) anstehende Höchstdrehzahl (n_{max}) abgespeichert wird und bei Durchlaufen des Regelzweiges (32b) die Höchstdrehzahl (n_{max}) mit einer zulässigen Höchstdrehzahl ($n_{maxSoll}$) verglichen wird, und bei einer zulässigen Abweichung eine Anzeige (A) angesteuert ist.

7. Zündschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerschaltung (15) in Abhängigkeit der erfaßten Betriebsparameter eine oder mehrere Zündungen unterdrückt, derart, daß eine Austraße (τ) zwischen "Null" (Zündung ausgeschaltet) und "EINS" (Zündung eingeschaltet) frei einstellbar ist.

8. Zündschaltung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Leerlaufregelschaltung (25) (Fig. 2) die Austraße (τ) zu Null setzt, wenn die Ist-Drehzahl (n) größer als die zulässige maximale Leerlaufdrehzahl (n_0) ist (Zweig 21).

9. Zündschaltung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Leerlaufregelschaltung (Fig. 2) im Regelbereich der Leerlaufdrehzahl eine vorgebbare Austraße kleiner oder gleich "1" fest aufschaltet.

10. Zündschaltung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochdrehzahlregelschaltung (Fig. 3) im Regelbereich der zulässigen Höchstdrehzahl die Austraße (τ_5) nach der Beziehung

$$\tau_5 = C + k_5 \Delta n_2 + k_6 \int \Delta n_2 dt$$

bestimmt, wobei C , k_5 und k_6 regelungs- und motorspezifische Kenndaten sind und Δn_2 die Drehzahl-differenz zwischen der Soll-Höchstdrehzahl (n_5) und der Ist-Drehzahl (n) ist.

11. Zündschaltung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß unterhalb einer minimalen Startdrehzahl (n_0) die Austraße zu "Null" gesetzt ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

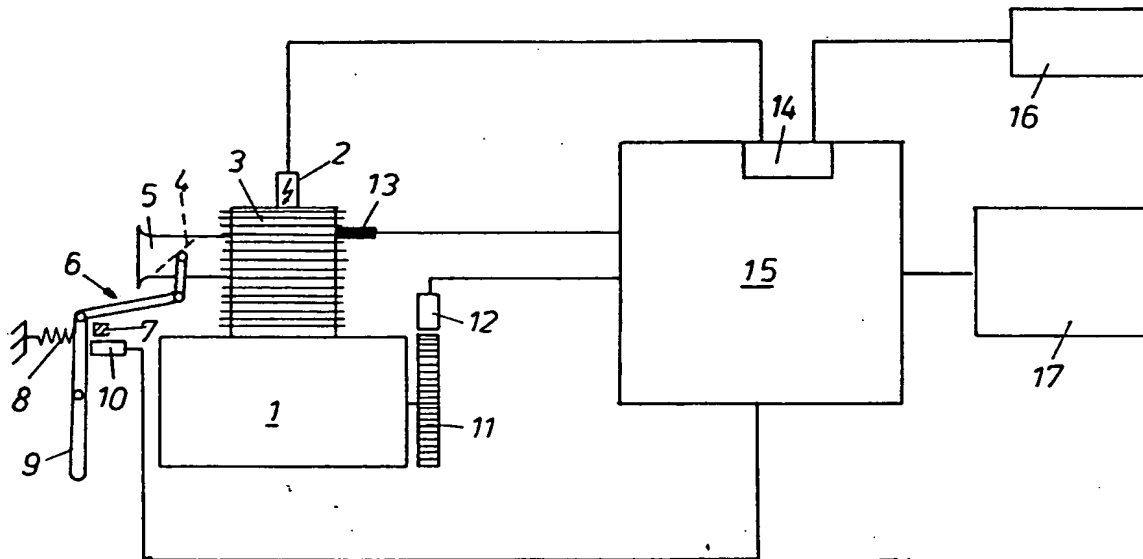


Fig.1

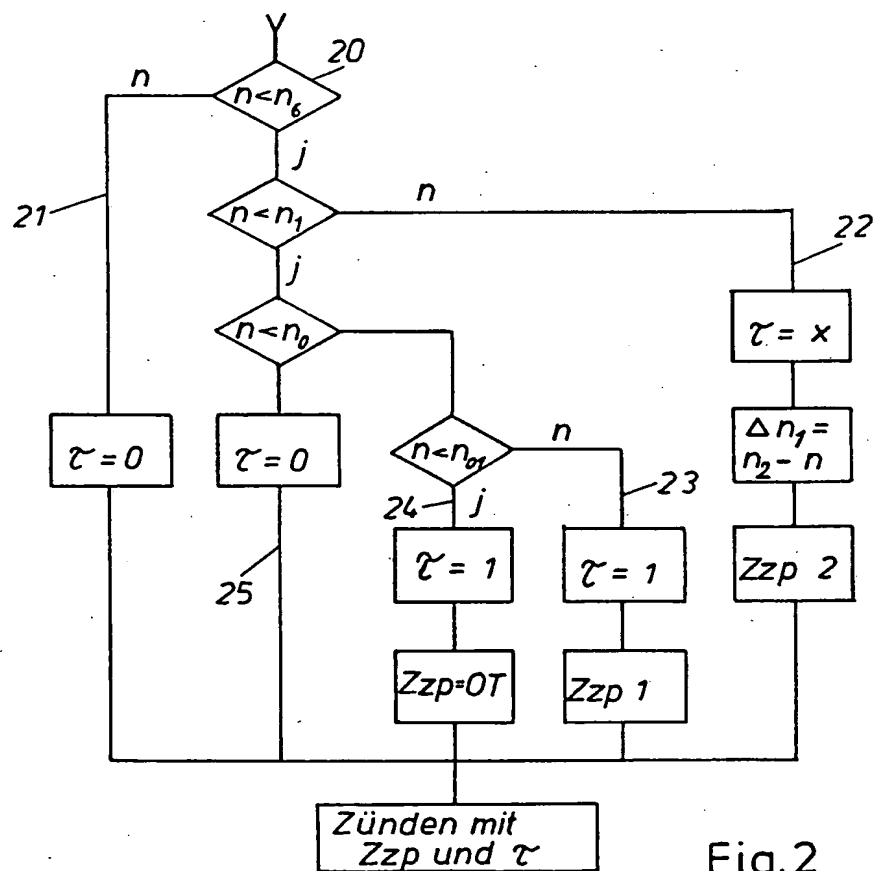


Fig.2

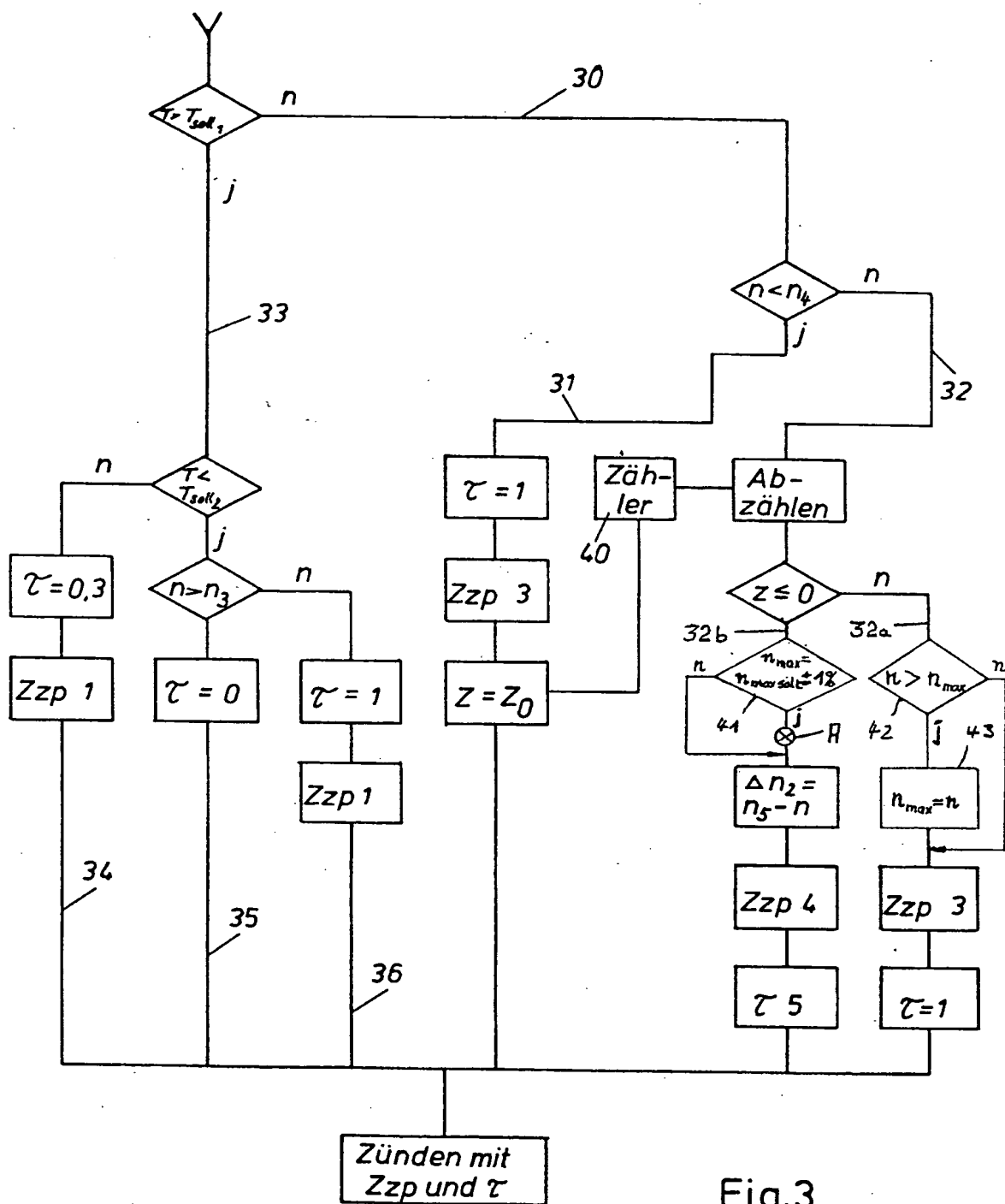


Fig.3